

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenl gungsschrift  
⑪ DE 3543 106 A 1

⑤① Int. Cl. 4:  
H 02 K 41/02  
H 01 B 9/02  
H 02 K 3/02

②① Aktenzeichen: P 35 43 106.7  
②② Anmeldetag: 6. 12. 85  
④③ Offenlegungstag: 11. 6. 87

*Selbstkonsignation*

DE 3543 106 A 1

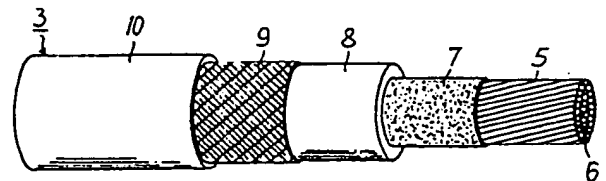
⑦① Anmelder:  
Kabelmetal Electro GmbH, 3000 Hannover, DE

⑦② Erfinder:  
Breitenbach, Otto, Ing.(grad.), 8500 Nürnberg, DE;  
Hanisch, Ferdinand, Dr.rer.nat., 3006 Burgwedel, DE;  
Madry, Peter, Dipl.-Ing., 3013 Barsinghausen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Elektrisches Kabel zur Verwendung als Wicklungsstrang für Linearmotoren

Es wird ein elektrisches Kabel angegeben, das als Wicklungsstrang einer dreiphasigen Wechselstromwicklung für Linearmotoren verwendet werden soll. Das Kabel hat ein verdichtetes und weich geglühtes Leiterseil (5), auf dem eine Leitschicht (7) fest verankert ist. Die Isolierung (8) und die äußere Leitschicht (9) sind im gleichen Arbeitsgang wie die extrudierte innere Leitschicht (7) aufgebracht und fest mit dieser verbunden. Über der äußeren Leitschicht (9) ist ein elektrisch gut leitfähiger und mechanisch stabiler Mantel (10) angebracht.



DE 3543 106 A 1

## Patentansprüche

1. Elektrisches Kabel zur Verwendung als Wicklungsstrang in einer dreiphasigen Wechselstromwicklung für Linearmotoren, bei den n die Wicklungsstränge mit mäanderförmigem Verlauf in Nuten eines langgestreckten Induktors festgelegt sind, bestehend aus einem metallischen Leiter, einer denselben umgebenden inneren Leitschicht, einer über dieser angeordneten Isolierung, einer dieselbe umgebenden äußeren Leitschicht und einem darüber angeordneten Mantel aus elektrisch leitfähigem Material, dadurch gekennzeichnet,

— daß der Leiter als Leiterseil (5) mit mindestens zwei Lagen von Einzeldrähten (6) ausgebildet und nach dem Verseilvorgang weich gegläht ist,

— daß die auf das Leiterseil (5) durch Extrusion aufbrachte innere Leitschicht (7) die zwischen den Einzeldrähten (6) der äußeren Lage des Leiterseils (5) vorhandenen Außenwickel ausfüllt und mit der Isolierung (8) fest verbunden ist,

— daß die äußere Leitschicht (9) aus einem hoch leitfähigen elastischen Material besteht, das mit der Isolierung (8) fest verbunden ist, und

— daß der Mantel (10) eine hohe elektrische Leitfähigkeit hat und aus einem Material mit guter Elastizität und guter mechanischer Festigkeit besteht.

2. Kabel nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlagrichtung der Einzeldrähte (6) des Leiterseils (5) in den einzelnen Lagen unterschiedlich ist.

3. Kabel nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Leiterseil (5) im Zuge des Verseilvorgangs verdichtet ist.

4. Kabel nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Leiterseil (5) auf etwa 90% verdichtet ist.

5. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schlaglänge in der Decklage des Leiterseils (5) folgender Gleichung entspricht:

$$s = k \cdot n \cdot d$$

mit

s = Schlaglänge

n = Anzahl der Einzeldrähte in der Decklage

d = Durchmesser der Einzeldrähte in der Decklage

Konstante k = 3,0 bis 3,5

6. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Längsleitfähigkeit der äußeren Leitschicht (9) größer als die des Mantels (10) ist.

7. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß für die innere Leitschicht (7) ein Material auf der Basis von EPDM verwendet ist, dem hochaktive Leitrüße beigegeben sind.

8. Kabel nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß für den Mantel (10) ein Material auf der Basis von Acetatcopolymeren des Ethylens verwendet ist, dem hochleitfähige Rüße beigegeben sind.

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein elektrisches Kabel zur Verwendung als Wicklungsstrang in einer dreiphasigen Wechselstromwicklung für Linearmotoren, bei denen die Wicklungsstränge mit mäanderförmigem Ver-

lauf in Nuten eines langgestreckten Induktors festgelegt sind, b stehend aus einem metallischen Leiter, einer denselben umgebenden inneren Leitschicht, einer über dieser angeordneten Isolierung, einer dieselbe umgebenden äußeren Leitschicht und einem darüber angeordneten Mantel aus elektrisch leitfähigem Material.

Ein derartiges Kabel geht aus der DE-PS 30 06 382 hervor. Dieses Kabel ist in drei Strängen zu einer vorgefertigten Wicklung eines Linearmotors geformt, die als einteiliges Gebilde auf eine Spule aufgewickelt, zum Verlegeort transportiert und dort besonders einfach in die Nuten des Induktors des Linearmotors eingelegt werden kann. Das Kabel muß problemlos zur Wicklung verarbeitbar sein und in verarbeitetem Zustand zur Erzeugung eines magnetischen Wanderfeldes über lange Zeit seine elektrischen und mechanischen Eigenschaften beibehalten. Dazu gehören beispielsweise ein dichter und fester Sitz der inneren Leitschicht auf dem Leiter, ein hoher Leitwert und hohe Stromtragfähigkeit des Schirms, der aus der äußeren Leitschicht und dem leitfähigen Mantel gebildet wird. Der Leitwert und die Strombelastbarkeit des Schirms müssen so bemessen sein, daß einerseits Ladeströme das Schirmpotential nicht wesentlich anheben und im Falle eines Erdschlußfehlers der zur Erdschlußfassung erforderliche Strom fließen kann und daß andererseits die Verluste durch Sekundärströme vernachlässigbar sind, die in den Leiterschleifen aus den sich kreuzenden Kabelsträngen und einem Erdungsstrang infolge der induzierten Spannungen fließen. Diese Forderungen lassen sich zwar prinzipiell mit einem Kabel nach der DE-PS 30 06 382 erfüllen. Hinweise, wie die Forderungen zu erfüllen sind, können der Patentschrift aber nicht entnommen werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein elektrisches Kabel anzugeben, das sowohl in elektrischer als auch in mechanischer Hinsicht allen Anforderungen genügt, die an einen Wicklungsstrang eines Linearmotors gestellt sind.

Diese Aufgabe wird bei einem Kabel der eingangs geschilderten Art gemäß der Erfindung dadurch gelöst,

— daß der Leiter als Leiterseil mit mindestens zwei Lagen von Einzeldrähten ausgebildet und nach dem Verseilvorgang weich gegläht ist,

— daß die auf das Leiterseil durch Extrusion aufbrachte innere Leitschicht die zwischen den Einzeldrähten der äußeren Lage des Leiterseils vorhandenen Außenwickel ausfüllt und mit der Isolierung fest verbunden ist,

— daß die äußere Leitschicht aus einem hoch leitfähigen elastischen Material besteht, das mit der Isolierung fest verbunden ist, und

— daß der Mantel eine hohe elektrische Leitfähigkeit hat und aus einem Material mit guter Elastizität und guter mechanischer Festigkeit besteht.

Dieses Kabel ist in Folge seines speziellen Aufbaus besonders gut biegsam und in der gebogenen Form stabil. Es ist daher in hervorragender Weise für die Herstellung einer vorgefertigten Wicklung für Linearmotoren verwendbar. Die gute Biegsamkeit wird einerseits durch den Aufbau des Leiters als Leiterseil mit einer Vielzahl von miteinander verseilten Einzeldrähten erreicht. Zum anderen werden Biegsamkeit und Stabilität in der gebogenen Form durch das Weichglühen des Leiterseils verbessert. Das Kabel kann dadurch ohne Schaden um besonders kleine Radien gebogen werden, die beispielsweise in der Größenordnung von  $1,5 \times$  Kabeldurchmesser liegen. Durch das Weichglühen des Leiterseils

wird außerdem erreicht, daß das Kabel nach einem Biegevorgang seine gebogene Form nahezu unverändert beibehält, so daß es besonders leicht in mäanderförmig gebogener Form weiteren Arbeitsgängen unterzogen werden kann. Verbessert werden können Biegebarkeit und Formstabilität noch dadurch, daß das Leiterseil vor dem Weichglühen verdichtet wird, und zwar vorzugsweise auf etwa 90%.

Die extrudierte innere Leitschicht ist durch das Ausfüllen der Außenwicklung des Leiterseils sehr fest mit demselben verbunden. Dieser feste Sitz bewirkt, daß die beiden Leitschichten zusammen mit der Isolierung so fest auf dem Leiterseil sitzen, daß bei der Montage von Garnituren eine Verschiebung dieser Schichten ausgeschlossen ist. Gegenüber bekannten Konstruktionen mit einer Bebänderung des Leiters wird durch diesen Aufbau auch die Biegebarkeit des Kabels verbessert, so daß die vorteilhafte Ausführung des Leiters in dieser Hinsicht nicht beeinträchtigt wird.

Der aus einem speziellen Material bestehende Mantel hat eine besonders hohe Leitfähigkeit, so daß im Zusammenwirken mit der äußeren Leitschicht eine gute Schirmwirkung erreicht wird. Neben diesen guten elektrischen Eigenschaften ist der Mantel aber auch sehr elastisch, was im Hinblick auf die gute Biegebarkeit des Kabels von Bedeutung ist. Er weist außerdem eine hohe mechanische Festigkeit auf, die für die Verwendung des Kabels in einer vorgefertigten Wicklung für Linearmotoren unerlässlich ist. Das Kabel muß nämlich mit zwei anderen Strängen durch mechanische Befestigungselemente in der Wicklung zusammengehalten werden und es muß auch das Einbringen in die Nuten des Induktors unbeschadet überstehen.

Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes ist in den Zeichnungen dargestellt.

Es zeigen:

Fig. 1 ein zu einem mäanderförmigen Wicklungsstrang gebogenes Kabel nach der Erfindung.

Fig. 2 das Kabel selbst mit abschnittsweise sichtbaren Schichten seines Aufbaues.

Mit 1 ist der Induktor eines Linearmotors bezeichnet, der zusammen mit einer dreiphasigen Wicklung den Stator desselben darstellt. Der Induktor 1 besteht aus Blechpaketen, in denen Nuten 2 zur Aufnahme der Wicklungsstränge der Wicklung angebracht sind. Der Stator ist langgestreckt. Er kann viele Kilometer lang sein. Die Wicklungsstränge bestehen im vorliegenden Fall aus elektrischen Kabeln, deren genauerer Aufbau anhand von Fig. 2 erläutert wird.

In Fig. 1 ist ein Kabel 3 eingezeichnet, das mit mäanderförmigem Verlauf in den Nuten 2 des Induktors 1 festgelegt ist. Das Kabel 3 ist im Wege der Vorfertigung mit zwei anderen, identischen Kabeln zu einer dreiphasigen Wicklung fest verbunden. Die nicht belegten Nuten 2 des Induktors 1 sind zur Aufnahme der beiden anderen Kabel vorgesehen, die der Einfachheit halber nicht mit eingezeichnet sind. Für die Verbindung der drei mäanderförmig verlaufenden Kabel sind mechanische Befestigungselemente verwendet, die an den Kabeln angreifen. Solche Befestigungselemente sind durch die DE-OS 33 09 051 prinzipiell bekannt. Durch den speziellen Aufbau des Kabels 3 ist dasselbe besonders einfach zu dem mäanderförmigen Verlauf zu verformen, wobei es ohne zusätzlichen Aufwand seine Form auch in den außerhalb des Induktors 1 liegenden Bereichen 4 (Wickelköpfe) beibehält. Auf mindestens einer Seite des Induktors 1 kann über die ganze Länge der Wicklung ein metallischer Strang 11 verlaufen, der in gutem elek-

trischen Kontakt mit den Wicklungssträngen steht und an Erdpotential angeschlossen werden kann. Eine solche Anordnung geht beispielsweise aus der DE-PS 30 06 382 hervor.

Das Kabel 3 hat beispielsweise folgenden Aufbau:

Der Leiter des Kabels 3 ist als Leiter 5 ausgebildet, das aus einer Vielzahl von Einzeldrähten 6 gebildet ist. Es sind mindestens zwei Lagen von Einzeldrähten vorhanden. Die Schlagrichtung der Verseilung in diesen beiden Lagen soll vorzugsweise entgegengesetzt sein. Für den Fall, daß mehr als zwei Lagen vorhanden sind, sollen sie abwechselnd entgegengesetzte Schlagrichtung aufweisen. Das Leiterseil 5 kann aus Aluminiumdrähten bestehen. Es könnten aber auch Kupferdrähte oder Drähte aus einem Aluminium-Kupfer-Verbund verwendet werden.

In der Decklage des Leiterseils 5, welche die größte Verseilschlaglänge aufweist, berechnet sich dieselbe vorzugsweise nach folgender Gleichung:

$$s = k \cdot n \cdot d$$

Darin sind:

$s$  = Schlaglänge

$n$  = Anzahl der Einzeldrähte in der Decklage

$d$  = Durchmesser der Einzeldrähte in der Decklage

Konstante  $k$  = 3,0 bis 3,5

#### Beispiel für den Aufbau des Leiterseils

Das Leiterseil 5 ist beispielsweise aus Aluminiumdrähten aufgebaut, die einen Durchmesser von  $d$  = 2,6 mm haben. Es soll aus fünf Lagen von Einzeldrähten bestehen, mit 22 Drähten in der Decklage. Mit dem Wert  $k$  = 3,5 ergibt das eine Schlaglänge  $s$  von etwa 200 mm in der Decklage. Das Leiterseil 5 wird bei seiner Herstellung verdichtet, und zwar vorzugsweise auf etwa 90%. Anschließend wird das Leiterseil 5 weich geglüht. Dadurch ist es leicht biegebar, auch um sehr kleine Radien, hinunter bis zu einer Größenordnung von  $1,5 \times$  Kabeldurchmesser. Es federt nach dem Biegen nur unwesentlich zurück, so daß es seine gebogene Form relativ stabil beibehält.

Auf das Leiterseil 5 ist eine innere Leitschicht 7 aufextrudiert. Der Extrusionsvorgang ist dabei so abgestimmt, daß das Material der Leitschicht 7 auch in die Außenwicklung eindringt, welche zwischen den Einzeldrähten 6 der äußeren Lage des Leiterseils 5 vorhanden sind. Die Leitschicht 7 wird dadurch fest mit dem Leiterseil 5 verbunden, da sie sich an demselben verankert. Der Festsitz ist so gut, daß die Leitschicht 7 weder durch Biegung noch durch axiale Beanspruchung vom Leiterseil 5 gelöst wird. Für die innere Leitschicht 7 kann vorzugsweise ein auf der Basis von EPDM aufgebautes Material verwendet werden. Das ist ein Material auf der Basis eines Copolymers von Ethylen und Propylen. Dem Basismaterial werden hochaktive Leitruße hinzugegeben, und zwar ein Leitruß allein oder auch mehrere im Verschnitt.

#### Beispiel einer Mischung für die innere Leitschicht

100 Teilen Basispolymer werden 80 bis 130 T ile Leitruß hinzugegeben. Außerdem werden 50 bis 70 Teile Weichmacher, bis 10 Teile Gleitmittel, 2 Teile Vernetzungsmittel und 1 T il Stabilisator gegen thermische Alterung zugefügt.

Im gleichen Arbeitsgang mit dem Aufbringen der in-

neren Leitschicht 7 wird über derselben die Isolierung 8 ebenfalls durch Extrusion aufgebracht. Die Isolierung 8 besteht beispielsweise aus einer Mischung auf der Basis von EPR. Ebenfalls im gleichen Arbeitsgang wird die äußer Leitschicht 9 auf die Isolierung 8 aufextrudiert, für die das gleiche Material wie für die innere Leitschicht 7 verwendet werden kann. Durch die Verankerung der inneren Leitschicht 7 am Leiterseil 5 ergibt sich für die drei Schichten 7, 8 und 9 insgesamt ein so guter Festzitz, daß diese Schichten auch bei der Montage von Garnituren unverrückbar sind. Das gilt insbesondere auch dann, wenn aufschiebbarer Garnituren verwendet werden, bei deren Anbringung eine axiale Beanspruchung dieser Schichten vorliegt.

Über der äußeren Leitschicht 9 wird der Mantel 10 aufgebracht, und zwar ebenfalls durch Extrusion. Er stellt neben dem mechanischen Schutz des Kabels 3 gleichzeitig im Zusammenwirken mit der äußeren Leitschicht 9 den elektrischen Schirm des Kabels dar. Als Materialien für den Mantel 10 eignen sich beispielsweise Polymere auf der Basis von Acetatcopolymeren des Ethylens, die beispielsweise einen Acetatgehalt von 30% bis 70% haben. Diesen Polymeren wird eine Kombination aus hochleitfähigen Rußen zugegeben.

#### Beispiel

100 Teilen Basispolymer werden 50 bis 60 Teile hochleitfähige Ruße hinzugegeben. Außerdem werden 0 bis 10 Teile Weichmacher, 2 Teile Vernetzungsmittel und 0,8 Teile Stabilisator gegen thermische Alterung zugefügt.

Die Längsleitfähigkeit der äußeren Leitschicht 9 ist größer als die des Mantels 10. Der Leitwert liegt bei richtiger Bemessung für die äußere Leitschicht 9 beispielsweise bei 1 bis 10 mS  $\times$  m und für den Mantel 10 bei 0,01 bis 0,5 mS  $\times$  m. Es ist dadurch sichergestellt, daß Ladeströme vorzugsweise zum geerdeten metallischen Strang 11 fließen. Sie können dann an den Berührungsstellen der Kabel in den Bereichen 4 nicht von einer Phase zu anderen übertreten. "Schmorstellen" sind auf diese Weise vermieden.

45

50

55

60

65

- Leerseite -

3543106

Numm r:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenl gungstag:

35 43 106  
H 02 K 41/02  
6. Dezember 1985  
11. Juni 1987

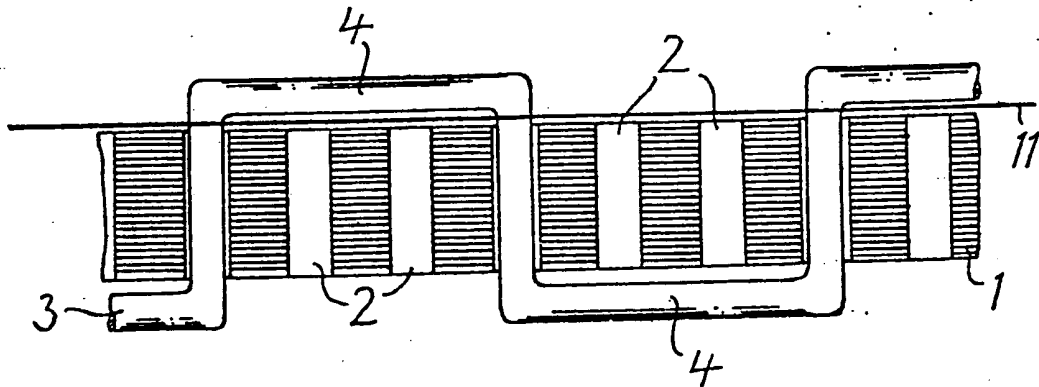


Fig. 1

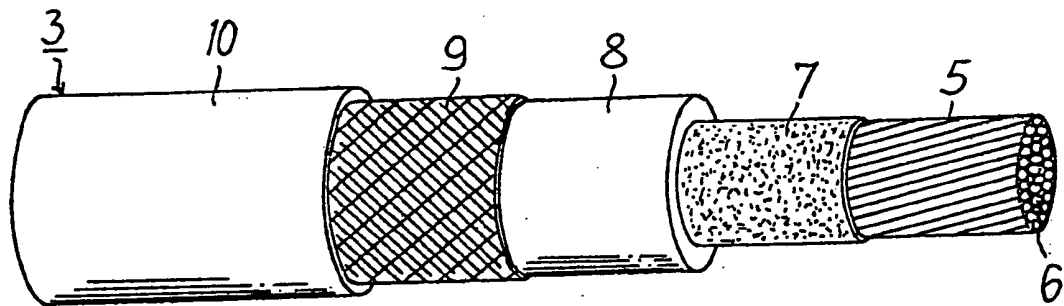


Fig. 2